

PCT 21 OCT 2004

10/512408
PCT/JP2004/001512

12. 2. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 2月25日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-047301
[ST. 10/C]: [JP2003-047301]

出 願 人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

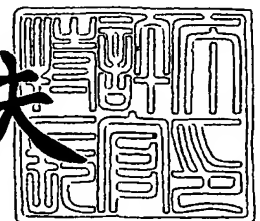
RECEIVED	
01 APR 2004	
WIPO	PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 3月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2004-3022355

【書類名】 特許願

【整理番号】 2032450015

【提出日】 平成15年 2月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 21/36

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 虫鹿 由浩

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 結像光学系の光路に設けられ、入射光の位相を変調する空間光変調器と、

前記空間光変調器に複数の変調パターンを与える変調制御部と、

前記空間光変調器により変調された前記入射光を受光する複数の受光領域を備えた受光素子と、

前記複数の受光領域の中から有効に受光する受光領域を選択する受光選択部とを備え、

前記変調制御部は、前記受光選択部によって選択された前記受光領域に対して適正な結像性能を与える変調パターンを生成する光検出装置。

【請求項 2】 前記受光選択部は選択する前記受光領域を時分割で巡回的に切り替え、

前記変調制御部は、この切り替え動作と同期して、選択された前記受光領域に対して適正な結像性能を与える変調パターンを生成する請求項 1 記載の光検出装置。

【請求項 3】 複数の波長の光を含む入射光を結像する結像光学系の光路に設けられ、前記入射光の位相を変調する空間光変調器と、

前記空間光変調器に複数の変調パターンを与える変調制御部と、

前記空間光変調器により変調された前記入射光を波長毎に選択して受光する受光素子と、

前記複数の波長の中から有効に受光する波長を選択する受光選択部とを備え、

前記変調パターン制御部は、前記受光選択部によって選択された前記波長に応じて、適正な結像性能を与える変調パターンを生成する光検出装置。

【請求項 4】 前記受光選択部は選択する前記波長を時分割で巡回的に切り替え、

前記変調制御部は、この切り替え動作と同期して、選択された前記波長に対して適正な結像性能を与える変調パターンを生成する請求項 3 記載の光検出装置。

【請求項 5】結像特性を多種類に設定可能な結像光学系の光路に設けられ、入射光の位相を変調する空間光変調器と、
前記空間変調器に複数の変調パターンを与える変調制御部と、
前記空間光変調器により変調された前記入射光を受光する受光素子と、
前記多種類の結像特性の中から選択された結像特性に関わる情報を検知する結像情報検知部とを備え、
前記変調制御部は、前記結像特性検知部からの出力に応じて、適正な結像性能を与える変調パターンを生成する光検出装置。

【請求項 6】前記結像特性が結像倍率である請求項 5 記載の光検出装置。

【請求項 7】前記変調制御部が、前記空間光変調器の少なくとも一部の領域に入射した入射光を、有効な受光を行う前記受光領域外に偏向させるような変調パターンを生成する請求項 1 から 6 のいずれかに記載の光検出装置。

【請求項 8】前記変調制御部が、前記空間光変調器の前記領域の面積を変化させた変調パターンを生成する請求項 7 に記載の光検出装置。

【請求項 9】前記変調制御部が、前記空間光変調器の前記領域の面積が大きい第 1 の変調パターンと、前記領域の面積が小さい第 2 の変調パターンとを発生し、前記第 1 および第 2 の変調パターンの保持時間をそれぞれ制御する請求項 8 に記載の光検出装置。

【請求項 10】前記有効な受光を行う受光領域外に偏向された前記入射光が、前記受光素子の他の受光領域内に照射される請求項 7 から 9 のいずれかに記載の光検出装置。

【請求項 11】前記光検出装置の姿勢変化を検出する姿勢変化検出部をさらに備え、
前記変調制御部が、前記姿勢変化検出部からの出力に応じて、前記姿勢変化に伴う結像点の移動を補償する変調パターンを生成する請求項 1 から 10 のいずれかに記載の光検出装置。

【請求項 12】前記変調制御部が、前記入射光を前記受光素子の画素間ピッチ分だけ互いにずれた複数の結像点に結像させるような変調パターンを生成する請求項 1 から 11 のいずれかに記載の光検出装置。

【請求項 13】前記空間光変調器が可変形ミラーである請求項 1 から 12 のいずれかに記載の光検出装置。

【請求項 14】前記可変形ミラーが、基板上に配列された複数の光反射領域と、前記光反射領域を前記基板に対して少なくとも垂直な方向に変位させるアクチュエータとを備える請求項 13 に記載の光検出装置。

【請求項 15】前記可変形ミラーが、前記光反射領域の各々に関連付けられた複数のアクチュエータと連結されており、前記各アクチュエータを独立に駆動することで前記光反射領域の前記基板に対する垂直な方向への変位および／または前記基板に対する傾斜を行うことができる請求項 14 に記載の光検出装置。

【請求項 16】前記空間光変調器が液晶素子である請求項 1 から 12 のいずれかに記載の光検出装置。

【請求項 17】前記受光素子が光電変換部を備え、前記受光選択部により選択された前記受光素子の前記光電変換部からの出力を蓄積するメモリと、前記メモリに蓄積された出力を配列して全体画像を再構成する再構成部とを備える請求項 2 もしくは 4 に記載の光検出装置。

【請求項 18】前記受光素子が露光により物性を変化させる記録媒体であって、前記受光選択部が前記入射光の透過または遮光を選択するシャッター部材を備える請求項 2 もしくは 4 に記載の光検出装置。

【請求項 19】結像光学系の光路に設けられ、入射光を変調する空間光変調器と、
前記空間光変調器に複数の変調パターンを与える変調制御部と、
前記空間光変調器により変調された前記入射光を受光する複数の受光領域を備えた受光素子と、
前記複数の受光領域の中から有効に受光する受光領域を選択する受光選択部とを備え、
前記変調制御部は、前記受光選択部によって選択された前記受光領域に対して、それぞれ前記入射光の光量を調整するための変調パターンを生成する光検出装置。

【請求項 20】各前記受光領域内の光量を各々測定する光量検出部をさらに備

え、

前記変調制御部が、前記光量検出部の出力に基づいて前記変調パターンを生成する請求項19に記載の光検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、空間光変調器を備えて受光素子への結像制御を行う光検出装置に関わる。

【0002】

【従来の技術】

一般的にカメラ等の結像光学系には、6群7枚構成、10群11枚構成等と呼ばれるように、複数のレンズが組み合わされた組みレンズが多用される。近軸理論によれば、こうした組みレンズは一枚の凸レンズと等価であるが、この近似が十分な精度を持つのは、光軸近傍の比較的狭い範囲に限定される。従って、所定以上の大きさの像を実際に扱う場合には画角による収差が問題となり、またカラー画像のように複数の波長を扱う場合には色収差が問題となる。組みレンズはこうした収差を低減するために用いられ、各レンズの屈折率や光学面形状についての多様な組み合わせが提案されている。

【0003】

しかし、受光素子の全領域にわたって画角の収差や色収差を低減するには多数枚の組みレンズが必要であり、これが部材や組立調整の高コスト化や、光学装置の大型化を招いている。一般にレンズ系のコンパクト化を図るには各群毎のレンズの屈折力を強くするが、それだけでは画角や波長差に伴う収差が増大する。これを防ぐために組みレンズの枚数を増やすと、これは逆に複雑化や大型化につながる。このように、収差の低減と光学系の簡素化とは互いに相矛盾するような関係にあるため、これを両立させることは難しく、現在でも光学設計における中心的な課題となっている。また例えば、ズームレンズ光学系等では結像倍率を可変にしつつ収差の低減を図らねばならず、光学系の簡素化、小型化はより一層困難となっている。

【0004】

さらに、レンズ系だけではなく、絞りやシャッター等の光量調整機構も光学装置の大型化を招いている。これは広角レンズやズームレンズ等の多数の組みレンズを用いた光学系において特に顕著であるが、レンズに入射する光の角度によっては光線束が各レンズの一部のみを通ることになるため、受光素子の全領域に渡って均一な光量調整を行う配置設計が難しい。絞りを置く位置は、受光素子の全領域に渡って中心部と同じ割合で照度を変えられるような場所でなければならず、この条件が光学系の設計制約となる。

【0005】

こうした光量調整機構の存在と、その配置上の制約が、光学系の簡素化、小型化の障害のもう一つの要因となっている。

【0006】

一方、近年、従来のガラスレンズやプリズムのような固定の光学面を持つパッシブな光学素子だけでなく、変形可能な光学面を持つアクティブな光学素子が開発されている。

【0007】

こうしたアクティブな光学素子の例としては、透明な液体を封入して形成したレンズを圧電素子で駆動して可変焦点レンズとしたものがある（例えば特許文献1参照）。この特許文献1では、この可変焦点レンズの焦点位置を高速に切り替えて複数回の画像をサンプリングし、最も観察対象に焦点が合った画素を画像処理によって抽出して全焦点画像を得る構成が開示されている。さらに、この特許文献1には、焦点距離の変化により発生する像の位置ずれ（倍率変化や像歪み）を補正する構成が記載されている。

【0008】

また、DMD（Digital Micromirror Device：商品名）と呼ばれる可変形ミラーを撮影光学系の光路に設け、オン状態にあるミラーの数あるいは時間を制御して光学絞り装置を構成したものがある（例えば特許文献2参照）。この特許文献2にはミラーの駆動パターンを制御して任意の開口形状にする構成が記載されている。

【0009】

【特許文献1】

特開 2001-257932 号公報

【特許文献2】

特開平 11-231373 号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記したような従来の構成には、以下のような課題がある。

【0011】

第1に、補正できる収差の種類が限定的で、受光素子の全領域にわたる収差の低減と光学系の簡素化の両立が難しいという課題がある。特許文献1の構成は焦点位置ずれの補正と像歪みの補正には有効であるが、コマ収差や非点収差といったモードが異なる他の収差を低減させる構成は開示されていない。画角による収差は、このコマ収差や非点収差が支配的であり、これらは特許文献1の構成では有効な補正を行うことが難しい。波長差による色収差、あるいは結像倍率の変更に伴う収差も焦点距離変化だけでは補正できない成分を含んでおり、これらも特許文献1の構成では有効な補正を行うことが難しい。

【0012】

従って、特許文献1の構成を用いたとしても、受光素子の全領域にわたって画角の収差や色収差を低減するには、やはりほぼ同数枚の組みレンズが必要であり、収差の低減と光学系の簡素化の両立に対しては本質的な改善が図られない。また、特許文献2にも、この課題を解決する構成は特に開示されていない。

【0013】

第2に、収差補正機構と光量調整機構との双方が必要で、このために光学系の簡素化が難しいという課題がある。特許文献2の構成は、収差補正機構として多数の組みレンズによる結像光学系が設けられ、光量調整機構としてDMDとその駆動回路が設けられている。これらは互いに専用の機構として作成され、両機構を兼用するような構成は開示されていない。これが部品点数の増大や組立調整の複雑化を招き、光学系全体の高コスト化と大型化の要因となっている。また、特

許文献1にも、この課題を解決する構成は特に開示されていない。

【0014】

第3に、光量調整機構の配置上の制約により、光学系の小型化が難しいという課題がある。特許文献2の構成は、DMDで入射光を受光素子の範囲外に偏向させて光量を調整しているが、入射光を完全に受光素子外に偏向させるには、受光素子とDMDとをある距離以上に離す必要がある。この距離はDMDによる偏向角と受光素子の大きさに大きく依存するため、小型化が難しい。

【0015】

また、特許文献2の構成は、入射光を一度集光してその集光点に絞りとるDMDを配置しているため、光学系全体が大型化している。受光素子の全領域に渡って均一な光量調整を行うための絞りの配置制約が小型化を妨げるという点において、特許文献2は特に有効な改善手段を開示するものではない。特許文献2には、ミラーの駆動パターンを制御して任意の開口形状にする構成が開示されているが、1つの開口形状で受光素子の各領域に与える光量を独立に制御することは不可能であり、光量調整の不均一性を本質的に解決するものではない。また、特許文献1にも、これらの課題を解決する構成は特に開示されていない。

【0016】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、受光素子の全領域にわたる収差低減もしくは光量調整の適正化と、光学系の簡素化を両立する光検出装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明の光検出装置は、結像光学系の光路に設けられ入射光の位相を変調する空間光変調器と、前記空間光変調器に複数の変調パターンを与える変調制御部と、前記空間光変調器により変調された前記入射光を受光する複数の受光領域を備えた受光素子と、前記複数の受光領域の中から有効に受光する受光領域を選択する受光選択部とを備え、前記変調制御部は、前記受光選択部によって選択された前記受光領域に対して適正な結像性能を与える変調パターンを生成する。

【0018】

好ましい実施形態において、前記受光選択部は選択する前記受光領域を時分割で巡回的に切り替え、前記変調制御部は、この切り替え動作と同期して、選択された前記受光領域に対して適正な結像性能を与える変調パターンを生成する。

【0019】

また本発明の光検出装置は、複数の波長の光を含む入射光を結像する結像光学系の光路に設けられ前記入射光の位相を変調する空間光変調器と、前記空間変調器に複数の変調パターンを与える変調制御部と、前記空間光変調器により変調された前記入射光を波長毎に選択して受光する受光素子と、前記複数の波長の中から有効に受光する波長を選択する受光選択部とを備え、前記変調パターン制御部は、前記受光選択部によって選択された前記波長に応じて、適正な結像性能を与える変調パターンを生成する。

【0020】

好ましい実施形態において、前記受光選択部は選択する前記波長を時分割で巡回的に切り替え、前記変調制御部は、この切り替え動作と同期して、選択された前記波長に対して適正な結像性能を与える変調パターンを生成する。

【0021】

また本発明の光検出装置は、結像特性を多種類に設定可能な結像光学系の光路に設けられ、入射光の位相を変調する空間光変調器と、前記空間変調器に複数の変調パターンを与える変調制御部と、前記空間光変調器により変調された前記入射光を受光する受光素子と、前記多種類の結像特性の中から選択された結像特性に関わる情報を検知する結像情報検知部とを備え、前記変調制御部は、前記結像特性検知部からの出力に応じて、適正な結像性能を与える変調パターンを生成する。

【0022】

好ましい実施形態において、前記結像特性は結像倍率である。

【0023】

好ましい実施形態において、前記変調制御部が、前記空間光変調器の少なくとも一部の領域に入射した入射光を、有効な受光を行う前記受光領域外に偏向させるような変調パターンを生成する。

【0024】

好ましい実施形態において、前記変調制御部が、前記空間光変調器の前記領域の面積を変化させた変調パターンを生成する。

【0025】

好ましい実施形態において、前記変調制御部が、前記空間光変調器の前記領域の面積が大きい第1の変調パターンと、前記領域の面積が小さい第2の変調パターンとを発生し、前記第1および第2の変調パターンの保持時間をそれぞれ制御する。

【0026】

好ましい実施形態において、前記有効な受光を行う受光領域外に偏向された前記入射光が、前記受光素子の他の受光領域内に照射される。

【0027】

好ましい実施形態において、前記光検出装置の姿勢変化を検出する姿勢変化検出部をさらに備え、前記変調制御部が、前記姿勢変化検出部からの出力に応じて、前記姿勢変化に伴う結像点の移動を補償する変調パターンを生成する。

【0028】

好ましい実施形態において、前記変調制御部が、前記入射光を前記受光素子の画素間ピッチ分だけ互いにずれた複数の結像点に結像させるような変調パターンを生成する。

【0029】

好ましい実施形態において、前記空間光変調器が可変形ミラーである。

【0030】

好ましい実施形態において、前記可変形ミラーが、基板上に配列された複数の光反射領域と、前記光反射領域を前記基板に対して少なくとも垂直な方向に変位させるアクチュエータとを備える。

【0031】

好ましい実施形態において、前記可変形ミラーが、前記光反射領域の各々に関連付けられた複数のアクチュエータと連結されており、前記各アクチュエータを独立に駆動することで前記光反射領域の前記基板に対する垂直な方向への変位お

よび／または前記基板に対する傾斜を行うことができる。

【0032】

好ましい実施形態において、前記空間光変調器が液晶素子である。

【0033】

好ましい実施形態において、前記受光素子が光電変換部を備え、前記受光選択部により選択された前記受光素子の前記光電変換部からの出力を蓄積するメモリと、前記メモリに蓄積された出力を配列して全体画像を再構成する再構成部とを備える。

【0034】

好ましい実施形態において、前記受光素子が露光により物性を変化させる記録媒体であって、前記受光選択部が前記入射光の透過または遮光を選択するシャッター部材を備える。

【0035】

また本発明の光検出装置は、結像光学系の光路に設けられ入射光を変調する空間光変調器と、前記空間光変調器に複数の変調パターンを与える変調制御部と、前記空間光変調器により変調された前記入射光を受光する複数の受光領域を備えた受光素子と、前記複数の受光領域の中から有効に受光する受光領域を選択する受光選択部とを備え、前記変調制御部は、前記受光選択部によって選択された前記受光領域に対して、それぞれ前記入射光の光量を調整するための変調パターンを生成する。

【0036】

好ましい実施形態において、各前記受光領域内の光量を各々測定する光量検出部をさらに備え、前記変調制御部が、前記光量検出部の出力に基づいて前記変調パターンを生成する。

【0037】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

【0038】

(実施の形態1)

以下、本発明の第1の実施形態を図1～図6を用いて説明する。図1は本発明の実施形態1における光検出装置の概略構成図である。

【0039】

本実施形態では、光検出装置の筐体1にはレンズ2、レンズ移動機構3、可変形ミラー4、受光素子5、制御回路6がそれぞれ取り付けられている。制御回路6は、受光選択部7、変調制御部8、画像再構成部9、画像記録部10、全体制御部11を備えている。

【0040】

レンズ2は、撮像対象である物体Yからの入射光を集光する対物レンズである。レンズ2を通った入射光は、空間光変調器として作用する可変形ミラー4によって位相を変調された後に、受光素子5上に集光される。図1では物体Yのある一点Y_aからの入射光が受光素子5上の点Y_a'に結像している様子を例示している。このときの光検出装置から物体Yまでの距離をx、入射光の角度を α とする。また同図には、点Y_aから点Y_a'に至る入射光の光路L1～L3が示されている。点Y_aの像を点Y_a'に鮮明に結ばせるためには、各光路L1～L3を含む全ての光路長が互いに等しくなるか、もしくは波長の整数倍だけずれるように設定すれば良い。すなわち、点Y_aを出発して各光路をたどった入射光の位相が点Y_a'において一致すればよい。この条件を可変形ミラー4を変形させることで実現している。可変形ミラー4の各点における変形量の目標値は α とxだけの関数として算出することができ、ここではそれらをテーブル化して、 α とxに関わる値をアドレスとして呼び出している。可変形ミラー4の空間光変調器としての機能は5つあり、1つはこの収差補正機能であり、残る4つはシャッター機能、絞り機能、光学的ローパスフィルター機能と手振れ補正機能である。これらについての詳細は後述する。

【0041】

レンズ2のレンズ面形状は、可変形ミラー4を変形させない状態、すなわち可変形ミラー4の表面が平坦な平面状態にしたときに、物体Yの光軸O付近の点Y_oが比較的良好に受光素子5上の点Y_o'に結像するような形状に設計されている。

【0042】

レンズ移動機構3はレンズ2を光軸Oに沿って前後移動させ、これによって焦点調節を行う。

【0043】

可変形ミラー4は基板4a上に変形可能な微小ミラー4bを多数設けたもので、これは例えば、本願出願人による先願である国際出願番号PCT/JPO2/12344に記載された構成を用いて実現することができる。各微小ミラー4bは□100~200 μ m程度の正方形もしくはW方向を長手方向とする長方形形状の微小な反射面を持ち、隣接する微小ミラーと約1 μ mの隙間をおいて2次元にアレイ状に配列されて全体の反射面を形成している。各微小ミラー4bはその裏面に接続されたアクチュエータ4cによって、基板4aからの垂直方向変位および/または基板4aに対する傾斜を独立して制御することが可能である。

【0044】

この可変形ミラー4の詳細を図2を用いて説明する。図2は本発明の実施形態1における可変形ミラー4の分解斜視図である。ここでは1つの微小ミラー4bおよびアクチュエータ4cの周辺を拡大したものが図示されている。

【0045】

アクチュエータ4cの固定部側には、基板4a上に設けられた絶縁層21と、その絶縁層21上に設けられたベース22および固定電極23~25が備えられている。ベース22および固定電極23~25は、アルミニウム(Al)または多結晶シリコン等の導電膜をパターニングすることによって形成されている。固定電極23~25はそれぞれ2つの固定電極片23a、23b~25a、25bに分割されている。固定電極片23a、23b~25a、25bは、絶縁層21に形成されたビア(不図示)によって基板4aに形成された駆動回路に接続されている。駆動回路は、0~5Vの範囲内で各々独立した電圧を固定電極片23a、23b~25a、25bに与えることができる。この6つの固定電極片23a、23b~25a、25bに印加する電圧は例えば16bit程度の多段階の値として設定され得る。一方、ベース22は接地電位に設定されている。ベース22の一部は可動電極を支持する支持ポスト22aとして機能する。

【0046】

アクチュエータ 4 c の可動部側としては、支持ポスト 22 a にヒンジ 26 を介してヨーク 27～29 が取り付けられ、さらにこれらのヨーク 27～29 を微小ミラー 4 b に連結するための中間連結部材 30 が設けられている。

【0047】

ヨーク 27～29 は、対応する固定電極 23～25 に対向し、それぞれが可動電極として機能する。ヨーク 27～29 は、アルミニウム (Al) もしくは多結晶シリコン等の導電性部材をパターンニングすることによって形成され、ベース 22 と導通して接地電位に設定されている。ヨーク 27～29 は、それぞれ固定電極片 23 a、23 b～25 a、25 b に対向する位置に第 1 の部分 27 a～29 a および第 2 の部分 27 b～29 b を有している。例えばヨーク 27 について、固定電極片 23 a に駆動電圧を与えた場合、第 1 の部分 27 a が固定電極片 23 a 側に吸引される。これに対し、固定電極片 23 b に駆動電圧を与えた場合は、第 2 の部分 27 b が固定電極片 23 b 側に吸引される。このようにして、回動軸 A を中心にして CW (時計回り) 方向、CCW (反時計回り) 方向の何れに対しても、選択的に回動力を付与できる。他のヨーク 28, 29 についても同様である。

【0048】

中間連結部材 30 は、3 点の突起 30 a～30 c を備え、突起 30 a はヨーク 27 の第 2 の部分 27 b と連結し、突起 30 b はヨーク 28 の第 1 の部分 27 a と連結し、突起 30 c はヨーク 29 の第 2 の部分 29 b と連結している。このため、ヨーク 27～29 を個別に回動駆動させると、突起 30 a～30 c の変位を独立に制御できることになり、これによって中間連結部材 30 の姿勢が定まる。微小ミラー 4 b は、中間連結部材 30 の概中心部である斜線部 30 d において中間連結部材 30 と一体に連結されている。このため、中間連結部材 30 の姿勢が、微小ミラー 4 b の姿勢を決定する。上記の構成から明らかなように、固定電極片 23 a、23 b～25 a、25 b を適宜選択して駆動電圧を独立に設定することにより、微小ミラー 4 b を、z 方向の変位、x 軸周りの傾き、y 軸周りの傾きについて正負双方向に駆動することが可能である。

【0049】

再び図1に戻り、可変形ミラー4の説明を行う。

【0050】

図1では各微小ミラー4bがその周縁において隣接する微小ミラーと連続するようにほぼ同程度の変位量を持ち、反射面全体が1つの連続的な曲面を形成している状態を例示している。この曲面は任意の形状に設定でき、アクティブに面形状を制御できる反射鏡の役割を果たしている。もちろん、隣接する微小ミラー4b同士の周縁における変位量が異なり、全体の反射面が不連続となるような変位制御を行ってもよい。微小ミラー4bは各々独立に姿勢を制御できるので、可変形ミラー4は様々な形状の回折格子の役割を果たすこともでき、その形状によって回折光の各次数毎の光量や集光位置等を制御することができる。このように各微小ミラー4bの変位量の制御によって入射光8の光路長を変化させ、入射光8に対して任意の位相変調を行うことが可能である。この各微小ミラー4bの変位量の目標値、すなわち可変形ミラー4の変調パターンについては、予め複数の変調パターンが作成されており、変調制御部8に備えられたメモリ12に格納されている。そして、受光選択部7から受光領域を指定するアドレスAが出力され、全体制御部11から距離データX、シャッター時間データT、絞りデータF、姿勢変化検出データBが出力されると、これに対応する変調パターンP(A, X, T, F, B)が呼び出される。適正な結像性能を与えるための可変形ミラー4の変形目標値は角度 α と距離xとが定まれば決定可能であることは既に説明したが、アドレスAは角度 α 、距離データXは距離xを表すデータとなっている。シャッター時間データT、絞りデータF、姿勢変化検出データBの詳細は後述する。

【0051】

可変形ミラー4の基板4aには、変調制御部8から出力された変調パターンP(A, X, T, F, B)に応じて、各アクチュエータ4cに駆動電圧を与える駆動回路が備えられている。ここでは、各微小ミラー4bの変位制御は開ループ制御で行われ、目的の変位量から逆算された駆動電圧が各アクチュエータ4cに与えられ、これによって各微小ミラー4bの多段階の変位を実現している。

【0052】

受光素子5は画素が2次元アレイ状に配列されたCCDイメージセンサもしくは

はCMOSイメージセンサである。

【0053】

この受光素子5の詳細を図3を用いて説明する。図3は本発明の実施形態1における受光素子の概略構成図である。

【0054】

受光素子5の全画素数は1280画素×1280画素であり、この受光素子5はその受光部40が水平方向に5分割、垂直方向に5分割されている。この計5×5個の各受光領域40(1, 1)～40(5, 5)はそれぞれ256画素×256画素を含み、受光領域毎にアクセスが可能である。このために、受光領域40の水平方向分割数と同数の水平走査回路41(1)～41(5)と、受光領域40の垂直方向分割数と同数の垂直走査回路42(1)～42(5)が備えられている。

【0055】

領域選択回路43は、受光選択部7から出力されたアドレスAを入力し、これに基づいて動作させる受光領域を選択する。ここでi、jを1～5までの数を表すものとし、各受光領域を40(i, j)とすると、アドレスAにはこのiとjの値を指定するデータが含まれている。より具体的には、領域選択回路43は動作させる受光領域40(i, j)に対応する水平走査回路41(j)と垂直走査回路42(i)とを選択し、この領域内の256画素×256画素を順次走査する。各画素のフォトダイオードからの出力は処理回路44によって増幅およびデジタル化され、出力データD(A)が得られる。出力データD(A)とはアドレスAにより指定された受光領域の全画素分のデータ列を意味する。

【0056】

ところで、受光領域40(i, j)の撮像動作を行っている時に、可変形ミラー4の反射面形状は、入射光の結像時の収差が受光領域40(i, j)の中心部において最も小さくなるように制御されている。例えば、受光領域40(1, 1)の撮像動作を行っている時を例にとると、受光領域40(1, 1)を含む点線Cで示した領域内は適正な結像性能が得られている。撮像動作を行う受光領域40(i, j)を選択する動作に同期して、点線Cで示したような適正な結像性能を与える領域を受光領域40(i, j)上に設定しているため、全受光領域にお

いて適正な結像性能を持つ画像を得ることが可能となっている。1フレーム分の画像を得るには、受光領域40(1, 1)、40(1, 2)、40(1, 3)、
・・・、40(5, 5)というように順次インクリメントし、25個の受光領域全てから出力データDを得る。もちろん、ランダムな順番で受光領域を選択しても良い。あるいは1フレーム内の必要に応じた範囲のみを選んで撮像することも可能である。例えば、動画を撮像するときに受光領域毎に動き検出を行い、前フレームの画像と比較して変化量が所定レベル以下の受光領域は、次フレームの撮像動作を行わず、現フレームの画像データをそのまま適用する等という構成も考えられる。いずれにしても、可変形ミラー4が有効に受光動作を行う受光領域に対して常に適正な結像性能を与えるように、受光領域の選択動作と同期して変調パターンPが選択されている。

【0057】

ところで、変調パターンPのパターン数についてであるが、受光領域40(1, 1)、40(1, 5)、40(5, 1)、40(5, 5)は回転対称であり、それぞれに対応する変調パターンP(A, X, T, F, B)もアドレスAのパラメータに関して言えば回転対称性を有する。従って、1つの変調パターンP(A, X, T, F, B)を例えば90度回転させて別の変調パターンP(A', X, T, F, B)を作成することが可能である。こうした対称性を利用すれば、メモリ12に格納すべき変調パターンのパターン数は、例えばアドレスAに関して言えば、アドレスAの数25に対して5個にまで減らすことが可能である。

【0058】

また、既述したように、可変形ミラー4を変形させずに表面を平坦にした場合には、全受光領域40(1, 1)～(5, 5)の中央部に相当する位置に存する受光領域40(3, 3)において適正な結像性能が得られているものとする。レンズ移動機構3によるフォーカス制御時には、この受光領域40(3, 3)を用いて、画素間のコントラストが最大となる位置にレンズ2を移動する。

【0059】

再び図1に戻って光検出装置の全体構成の説明を続ける。

【0060】

受光選択部 7 は 1 フレームの撮影動作時にはアドレス A の値を順次切り替えて、25 個の全ての受光領域から出力データ D (A) が得られるようにする。動画撮影時は、これを繰り返す。既に説明したように、アドレス A は受光素子 5 と変調制御部 8 とに出力され、これによって、受光素子 5 による撮像動作と可変形ミラー 4 による入射光変調動作との同期がとられている。また、アドレス A は画像再構成部 9 にも出力される。

【0061】

変調制御部 8 は、可変形ミラー 4 を駆動するための変調パターン P (A, X, T, F, B) を生成する。変調パターン P (A, X, T, F, B) は各微小ミラー 4 b の変形量の目標値であり、これは受光選択部 7 から出力されたアドレス A、全体制御部 11 から出力された距離データ X、シャッター時間データ T、絞りデータ F、姿勢変化検出データ B の関数となっている。変調制御部 8 のメモリ 12 には、アドレス A と距離データ X とが与えられた場合に発生する収差を補正して適正な結像性能を与えるための変調パターン P (A, X) が予め計算的もしくは実験的に求められ、複数格納されている。これらの変調パターンはアドレス A と距離データ X とに対するテーブルの形態で格納されており、アドレス A と距離データ X とが入力されると、対応する変調パターン P (A, X) が読み出される。この変調パターン P (A, X) は、さらに変調制御部 8 において、シャッター時間データ T、絞りデータ F、姿勢変化検出データ B に応じた変調をかけられて最終的な変調パターン P (A, X, T, F, B) が生成される。

【0062】

画像再構成部 9 は、受光選択部 7 からのアドレス A と、受光素子 5 からの出力データ D (A) とを入力して 1 フレーム分の画像を再構成する。アドレス A に対応する受光領域の出力データ D (A) は一時的にメモリ 13 に保存され、全ての受光領域からの出力データが蓄積されると、これらをつなぎ合わせて 1 つの画像が作られる。画像データの圧縮処理も画像再構成部 9 で行われる。データ圧縮の処理手順としては、下記の 2 つの方法のいずれかが選択可能である。第 1 の方法は、各受光領域からの非圧縮画像をつなぎ合わせて全画面分の非圧縮画像を作成した後にデータ圧縮を行う方法である。第 2 の方法は、各受光領域単位で 2 次元

DCT処理等の画像圧縮を行った後に、これらをつなぎ合わせる方法である。第2の方法は、メモリ13の容量を削減でき、処理速度を高速化できるといった長所を備える。こうして上記いずれかの方法でデータ圧縮された全体画像は画像記録部10に記録される。画像記録部10はフラッシュメモリカード等の可換型メモリである。

【0063】

全体制御部11はフォーカス制御部14、光量検出部15、姿勢変化検出部16を備え、光検出装置全体の動作を制御する。

【0064】

フォーカス制御部14は、光検出装置と物体Yとの距離 x に応じてレンズ2を合焦位置に移動させるように、レンズ移動機構3を制御する。距離 x を距離計を用いて直接測定してレンズ位置を調節してもよいが、ここでは可変形ミラー4を平坦にした状態で光軸付近の受光領域でのコントラストが最大となる位置にレンズ2を移動している。フォーカス制御部14は、このときのレンズ2の位置情報を、距離 x に相関する距離データ X として出力している。

【0065】

光量検出部15はマトリックス測光方式の露出計から構成され、複数の測光点について光量を検出し、照度データを作成する。光量検出部15が光量を測定する測光点の位置は受光素子5の各受光領域の位置と対応し、本実施例では $5 \times 5 = 25$ 点の測光点が設けられている。この各測光点からの出力は、アドレスAと対応させて、照度データ $I(A)$ とする。また、全体制御部11にはユーザ I/F を介して絞り優先あるいはシャッター速度優先を選択入力し、絞り値あるいはシャッター速度値を入力する。これらのデータと照度データ $I(A)$ とから各受光領域毎のシャッター時間データ $T(A)$ と絞りデータ $F(A)$ とを決定する。シャッター時間データ $T(A)$ と絞りデータ $F(A)$ とはアドレスAによらず一定値としてもよいが、これらをアドレスA毎に可変にしてもよい。これにより、光量調節のための制御自由度を大きく増やすことができる。これは、受光素子5の全域にわたる均一な光量調整を容易にする。また、画像内の明暗差が大きくダイナミックレンジの確保が難しい画像についても、受光領域毎に光量を調節するこ

とで、画像の白とびあるいは黒つぶれを有効に防止することができる。あるいは、全体制御部 11 がユーザに画像領域毎に絞り優先あるいはシャッター速度優先を選択可能に設けてもよい。こうすれば、一部の受光領域はシャッター速度を遅くして流れた感じを出し、同じ画面の別の受光領域ではシャッター速度を速くして瞬間を切り取った感じを出すなど、受光領域毎に異なる効果を持たせた特殊な絵作りを行うことができる。

【0066】

姿勢変化検出部 16 は、手ブレ補正を行うために筐体 1 の姿勢変化を検出する。姿勢変化検出部 16 は、角速度センサ（不図示）2 組を備え、筐体 1 のピッチングおよびヨーイングの角速度が検出される。これらの角速度出力は積分器により積分され、撮像開始時点からの姿勢変化として一定時間間隔ごとに筐体 1 の姿勢変化に関わる姿勢変化検出データ B が算出される。算出された姿勢変化検出データ B は変調制御部 8 に出力される。

【0067】

以上のように構成した光検出装置の動作を説明する。

【0068】

シャッターボタン（不図示）を半押しにすると、全体制御部 11 はまず焦点調節を行う。レンズ移動機構 3 によってレンズ 2 を前後に微小移動し、受光素子 5 の光軸付近の受光領域でのコントラストが最大になる位置を探索する。このとき、可変形ミラー 4 には駆動電圧を与えず、微小ミラー 4 b の反射面は平坦としている。レンズ 2 が合焦位置に調節されると、このときの距離データ X が作成される。

【0069】

次に、光量検出部 15 が各測光点からの照度データ I (A) を出力する。全体制御部 11 は、この照度データ I (A) のパターンを予め保有する複数の照度パターンデータと照合して画像の状況を判断し、最適と判断されるシャッター時間データ T (A) と絞りデータ F (A) とを決定する。これらの距離データ X、シャッター時間データ T (A)、絞りデータ F (A) は変調制御部 8 に出力される。

。

【0070】

これでシャッターボタンの半押しによる準備動作を完了し、次にシャッターボタンが押されると全体制御部11は撮像動作を開始する。まず姿勢変化検出部16が筐体1の2軸の角速度を検出し、撮像開始時点を起点としてこの角速度出力を積分して姿勢変化検出データBを出力する。

【0071】

受光選択部7はアドレスAを順次切り替えて受光素子5と変調制御部8に出力する。これにより、受光素子5の各受光領域を選択的に有効に動作させ、これと同期して変調制御部8に各受光領域に対して適正な結像性能を与える変調パターンP(A, X, T, F, B)を発生させる。可変形ミラー4は変調制御部8からの変調パターンP(A, X, T, F, B)に応じて各微小ミラー4bを変位させ、入射光を変調する。可変形ミラー4は姿勢変化検出データBに応じて結像点の位置を補正し、アドレスAと距離データXに応じて画角等による収差を補正し、シャッター時間データT(A)と絞りデータF(A)に応じて動作中の受光領域への光量を制御する。

【0072】

また、受光素子5では画素間ピッチで定まる空間周期で離散サンプリングを行っているが、この折り返し誤差によるモアレ縞が発生するのを防ぐために、可変形ミラー4は光学的ローパスフィルターとしても機能している。

【0073】

これらの撮像中の可変形ミラー4の絞り、シャッター、ローパスフィルター、手ブレ補正の各動作を図4～図6を用いて説明する。図4は可変形ミラー4の絞りおよびシャッター動作を説明する動作説明図である。

【0074】

図4(a)は開放絞りに相当する可変形ミラー4の状態を示している。受光素子5のうち有効に受光動作している受光領域をGとする。これ以外の全ての領域を、受光素子5の外の領域も含めて非受光領域と呼ぶ。図4(a)において、各微小ミラー4bは受光領域Gの中心において収差が最小になるように変形している。これを実現する条件が、各光路をたどる入射光の位相条件を等しくするよう

に光路長を決定することであることは既に説明したとおりである。このとき可変形ミラー 4 は特に絞りの機能は果たしておらず、開放絞りに相当する状態にある。

【0075】

図 4 (b) は全ての入射光を受光領域 G 外に偏向している可変形ミラー 4 の状態を示している。これを実現する条件は、受光領域 G 内においては各光路をたどる入射光の位相条件が互いに大きく異なり相殺的な干渉が発生するように光路長を決定することである。一例を挙げれば、各微小ミラー 4 b を図 4 (a) の姿勢から大きく異なる傾斜角に傾ければよい。あるいは、微小ミラー 4 b がブレース形状の回折格子を形成し、1 次光以上の高次光を受光領域 G 外に偏向させた上でこの光量比をほぼ 100% 程度まで高めることもできる。このような条件を与える解は多数存在するので、適当なものを 1 つ選んで変調パターンとして採用すればよい。これにより、受光領域 G 内については実質的に完全に遮光が行われていることになる。

【0076】

受光領域 G は受光素子 5 の全受光領域の一部に過ぎないので、受光素子 5 と可変形ミラー 4 とが近い距離にあっても、入射光を容易に非受光領域に偏向することができ。このため、従来のように入射光を完全に受光素子 5 外に偏向させねばならないような場合に比べて、受光素子 5 と可変形ミラー 4 との距離を大幅に短くすることが可能である。

【0077】

図 4 (c) は絞りを形成している可変形ミラー 4 の状態を示している。可変形ミラー 4 のうち領域 S 内の微小ミラー 4 b は、図 4 (a) における各微小ミラー 4 b の変形状態と同様に、受光領域 G の中心において収差が最小になるように変形している。また、可変形ミラー 4 のうち領域 S 外の微小ミラー 4 b は、図 4 (b) における各微小ミラー 4 b の変形状態と同様に、入射光を受光領域 G 外に偏向している。従って、領域 S は絞りの開口に相当し、この瞳内の入射光は受光領域 G に到達し、それ以外の入射光は実質的に遮光される。領域 S の大きさは、絞りデータ F によって決定される。また、可変形ミラー 4 は、シャッター時間デー

タTによって規定される時間内だけ図4(c)の動作状態にあり、それ以外は図4(b)の動作状態にある。これにより、シャッター時間データTの期間内だけ入射光を受光領域Gに到達させることができ、可変形ミラー4は絞りとシャッターの機能を同時に実現している。

【0078】

絞りの開口径やシャッター時間は受光領域G毎に可変に設定可能であるため、それぞれ最適な値が用いられる。光学系の設計にもよるが、一般的に視野の中心付近では絞りが効きやすく、周辺部では絞りが効きにくい傾向があるため、受光素子の中心付近にある受光領域では絞りの開口径の変化を小さくし、受光素子の周辺付近にある受光領域では絞りの開口径の変化を大きくすれば、光量の均一化が図りやすい。当然ながら、絞りの形状も任意に設定できるため、この形状を最適化することで光量の均一化をより一層図ることができる。

【0079】

次に、図5を用いて可変形ミラー4の光学的ローパスフィルター機能動作を説明する。図5は可変形ミラー4の光学的ローパスフィルター機能動作を説明する動作説明図である。

【0080】

受光素子5のうち有効に受光動作している受光領域Gに対して、可変形ミラー4のうち領域S内の微小ミラー4bは、受光領域G内の収差が小さくなるように変形していることは既に説明したとおりである。しかし、領域S内の微小ミラー4bは、さらに、光学的ローパスフィルターとして機能するために、微視的に見ると、物点Y_aに対する結像点を点Y_a'₁と点Y_a'₂の2点を形成している。結像点Y_a'₁と結像点Y_a'₂とは、丁度撮像素子5の画素間ピッチp分離れた位置にあり、これによって受光素子5のナイキスト周波数に相当する帯域の光学的な信号成分が遮断される。このため、受光素子5のサンプリング時の折り返し誤差を低減し、モアレの発生を防止する光学的ローパスフィルターの機能が実現できる。結像点を点Y_a'₁と点Y_a'₂の2点に分離するには、領域S内の複数の微小ミラー4bのうち、その一部のものを点Y_a'₁に結像するように姿勢を制御し、他のものを点Y_a'₂に結像するように姿勢を制御すればよい。

これも変調制御部 8 が出力する変調パターン P の内容のみで実現可能な事柄である。また、結像点は実際は 2 点ではなく、受光素子 5 の画素の水平方向、斜め 2 方向の計 3 方向 4 点に、それぞれ画素間ピッチだけずらした結像点を設けている。効果的な光学的ローパスフィルター効果を得るには、受光領域 G 内の全ての結像点に対して正確に画素間ピッチ p 分だけずらした点を構成する必要がある。有効な受光領域 G の中心部付近と周辺部付近とではこのずらし量に誤差が出るが、受光領域 G の大きさを十分小さくすることでこの誤差を問題のないレベルまで小さくすることが可能である。

【0081】

従来は一般的にはこうした画素間ピッチ p 分ずれた複数の結像点を設ける構成を水晶などの複屈折材を組み合わせて構成していたが、本発明によれば特別な部材を必要とすることなく、モアレを防ぐ光学的ローパスフィルターを構成することができる。また、従来の複屈折材を利用した光学的ローパスフィルターは入射光が偏りのない光であることが必要であったが、本発明ではこうした制約がなく、入射光の偏光方向によらず使用が可能な光学的ローパスフィルターを提供することができる。

【0082】

次に、図 6 を用いて可変形ミラー 4 の手ブレ補正動作を説明する。図 6 は可変形ミラー 4 の手ブレ補正動作を説明する動作説明図である。

【0083】

撮像開始時点を起点とし、このとき物体 Y のある一点 $Y a (0)$ からの入射光は角度 $\alpha (0)$ で装置内に入射し、受光素子 5 上の点 $Y a'$ に結像している。既に説明したように、角度 $\alpha (0)$ は受光領域を選択するアドレス A により定まる値であり、可変形ミラー 4 は点 $Y a (0)$ から点 $Y a'$ に至る各光路をたどる入射光の位相条件を等しくするように変形している。

【0084】

筐体 1 が手ブレにより向きを変えると、筐体 1 側からは物体 Y が移動するように見える。

【0085】

撮像開始時点から時刻 t が経過したとき、点 $Y a (0)$ は点 $Y a (t)$ に移動し、入射光の角度が $\alpha (t) - \alpha (0)$ だけ変化する。可変形ミラー 4 は、この入射角度変化 $\alpha (t) - \alpha (0)$ を補償して結像点 $Y a'$ の位置を一定に保つように変位量を制御する。これは点 $Y a (t)$ から点 $Y a'$ に至る各光路をたどる入射光の位相条件を等しくするように変形することで実現される。この条件を満たす変位量は、実質的に角度変化 $\alpha (t) - \alpha (0)$ が求まれば作成可能であり、この角度変化 $\alpha (t) - \alpha (0)$ は姿勢変化検出部 16 が出力する姿勢変化検出データ B として与えられる。従って、変調制御部 8 は、この姿勢変化検出データ B を基に、手ブレ補正を行う変調パターンを発生することができる。

【0086】

このように、可変形ミラー 4 は、単に変調パターン $P (A, X, T, F, B)$ を変化させるだけで、収差補正機能、絞り機能、シャッター機能、光学的ローパスフィルター機能、手ブレ補正機能の任意の組み合わせを同時に実現させることができるため、装置構成の大幅な簡素化や小型化を図ることができる。また、受光領域毎に異なる絞りの開口径もしくはシャッター時間を設定可能に設けているため、受光素子の全領域に渡って均一な光量調整を行うことができる。

【0087】

以上のように本実施形態の光検出装置は、受光素子 5 の受光領域の中から受光選択部 7 が有効に受光する受光領域を選択し、変調制御部 8 がこの受光領域に対して適正な結像性能を与える変調パターンを生成するように構成されている。従って、簡素な光学系でも、受光素子 5 の全領域にわたって画角に伴う収差を効果的に低減させることができる。

【0088】

さらに本実施形態によれば、変調制御部 8 が、可変形ミラー 4 に入射した入射光の一部を有効な受光領域 G 外に偏向させることにより、有効な受光領域 G に入射する光量を調整するように構成されている。従って、収差補正機構と光量調整機構とを 1 つの可変形ミラー 4 で兼用することができ、光学系を簡素化することができる。

【0089】

また本実施例によれば、有効な受光領域G外に偏向された入射光が、受光素子5の他の受光領域内に照射されるように構成されている。従って、従来のように入射光を完全に受光素子5外に偏向させねばならないような場合に比べて、受光素子5と可変形ミラー4との距離を大幅に短くすることが可能となり、光検出装置を小型化することができる。

【0090】

また本実施形態によれば、変調制御部8は姿勢変化検出部16の出力に応じて結像点の移動を補償する変調パターンを生成するように構成されている。従って、手ブレ補正機構を1つの可変形ミラー4で兼用することができ、光学系を簡素化することができる。

【0091】

また本実施形態によれば、変調制御部8は入射光を受光素子5の画素間ピッチ分だけ互いにずれた複数の結像点に結蔵させるような変調パターンを生成するように構成されている。従って、光学的ローパスフィルターを1つの可変形ミラー4で兼用することができ、光学系を簡素化することができる。

【0092】

また本実施形態によれば、受光素子5の受光領域の中から受光選択部7が有効に受光する受光領域を選択し、変調制御部8がこの受光領域に対して適正な遮光パターンを生成するように構成されている。従って、受光領域毎に独立に光量調整を行うことができ、従来のように1つの遮光パターンで受光素子の全領域を一度に光量調整する場合に比べて、遮光器の配置設計上の制約が大幅に緩和され、装置全体の小型化を図ることができる。

【0093】

なお、本実施形態では、アドレスAは受光素子5の受光領域を指定する情報とし、これに応じて変調制御部8が変調パターンPを出力する構成を説明したが、さらにアドレスAがR、G、Bの各色を指定する情報を含み、これに応じて変調制御部8が変調パターンPを出力することもできる。これにより、R、G、B各色の波長差による色収差を効果的に低減させることができる。

【0094】

また、本実施形態ではレンズ2は両凸単レンズとして説明したが、これをメニスカスレンズ等の他のレンズ形状としたり、組みレンズとしたり、回折素子と組み合わせたり、凹凸面を有する反射鏡を用いたりといった一般的な光学設計技術に基づく変更を加えることができる。これらの変更を適宜用いることによって、例えば色収差はレンズ設計によって抑制して画角による収差を可変形ミラーで除去する、といった様々な設計解の選択肢を与えることができる。これによって、適度な光学系の簡素化を図りつつ、例えば角度 α 、距離 x 、波長差による収差等の一部を緩和し、変調パターンPのパターン数を減らすことができる。

【0095】

また、本実施の形態ではレンズ移動機構3によりレンズ2を動かして焦点調整を行ったが、このレンズ移動機構3を省略してレンズ2を筐体1に固定してもよい。これは、レンズ2の被写界深度が深く、パンフォーカスカメラとして用いる場合は自明の構成であるが、レンズ2の被写界深度が浅い場合でも、レンズ移動機構3によりレンズ2を光軸に沿って動かしたのと等価な波面を可変形ミラー4で作り出すことにより、焦点調整のためのレンズ移動機構3を省略することができる。

【0096】

さらには、レンズ2に相当する構成を省略することも可能である。すなわち、可変形ミラー4が集光面を形成して受光素子5上に像点を結ばせることもでき、この構成によれば、より一層の装置小型化、部品削減が可能であると共に、特別な制御を行うことなく色収差の発生を抑制することができる。

【0097】

また、本実施形態では受光素子5の各受光領域は256画素×256画素を備えているが、この数は任意であり、1画素が1つの受光領域を形成していてもよい。受光領域の数も任意に決定でき、この受光領域の数を多くするほど画角による収差を細かく補正できる。また、各受光領域に対して測光点の数は1つとしたが、各受光領域に対して複数の測光点を設けても良いことはいうまでもない。

【0098】

(実施の形態2)

図7を参照しながら、本発明の光検出装置の第2の実施形態を説明する。図7は本発明の実施形態2における光検出装置の概略構成図である。

【0099】

本実施形態では、光検出装置の筐体51には、可変形ミラー4、受光素子55、制御回路56がそれぞれ固定されている。制御回路56は、変調制御部57、画像記録部10、全体制御部58を備えている。また、筐体51には交換可能なレンズユニット52がマウントされている。可変形ミラー4、画像記録部10は実施形態1で説明したものと同一の構成である。

【0100】

レンズユニット52は、筐体51に脱着可能に設けられ、他のレンズユニットと交換が可能に設けられている。ここでは、レンズユニット52は、それぞれ独立に移動可能な凹レンズ部53aと凸レンズ部53bとを備え、撮像対象である物体Yからの入射光を多段階の結像倍率 β で受光素子55上に集光する。凹レンズ部53aの焦点距離を-70mm、凸レンズ部53bの焦点距離を50mm、倍率 $-1/2 \sim -1$ とすると、レンズユニット52は $f=35 \sim 70\text{mm}$ の2群構成ズームレンズとなる。図7では凹レンズ部53aと凸レンズ部53bとは簡単のために単レンズとして図示しているが、これらは組みレンズであってもよい。本実施形態では画角による収差、色収差はこれらのレンズ系の設計によって実用上問題にならないレベルに抑えられているものとし、以降では凹レンズ部53aと凸レンズ部53bとを動かしてレンズユニット52の結像倍率 β を変化させた場合のレンズ系の状態変化に伴う収差と、物体Yまでの距離 x によるフォーカスの高次収差とを可変形ミラー4で補正する構成を説明する。

【0101】

レンズユニット52には不揮発性メモリからなるレンズ情報保持部54が備えられ、レンズユニット52の種別、可変できる結像倍率 β 、レンズユニット52が距離 x にある物体Yに対して結像倍率 β で合焦した場合の結像特性に関する情報等が保持されている。この結像特性とは特にレンズユニット52が持つ収差の特性に相関するものである。ここでは、レンズ情報保持部54は、レンズユニット52が距離 x にある物体Yに対して結像倍率 β で合焦した場合に最も好ましく

収差を補正できる可変形ミラー 4 の変調パターンとして計算的もしくは実験的に求められたものが格納されている。この変調パターンは、後述する距離データ X と結像倍率データ Z とに対するテーブルの形態で保持される。

【0102】

また、凹レンズ部 53a と凸レンズ部 53b とにはこれらを独立に移動させる移動機構が備えられ、それぞれが全体制御部 58 からの制御を受けて独立に駆動される。さらに、レンズユニット 52 にはそれぞれ凹レンズ部 53a の位置と凸レンズ部 53b の位置を検知するエンコーダ（不図示）が備えられ、これらの位置情報を全体制御部 58 に出力する。

【0103】

受光素子 55 は画素が 2 次元アレイ状に配列された CCD イメージセンサもしくは CMOS イメージセンサである。受光素子 55 は第 1 の実施形態で説明した受光素子 5 と同じものでもよいが、ここでは受光領域が特に複数に分割駆動されることのない通常のフレーム走査型の撮像センサとしている。

【0104】

変調制御部 57 は、全体制御部 58 から出力された距離データ X と結像倍率データ Z とに応じて、可変形ミラー 4 に出力する変調パターン P (X, Z) を生成する。変調制御部 57 のメモリ 59 には、結像情報保持部 54 から読み出された変調パターンのテーブル情報が格納され、全体制御部 58 から与えられた距離データ X と結像倍率データ Z とに対応して、変調パターン P (X, Z) が読み出される。

【0105】

全体制御部 58 は、レンズ情報検知部 60、倍率制御部 61、フォーカス制御部 62 を備え、光検出装置全体の動作を制御する。

【0106】

レンズ情報検知部 60 はレンズ情報保持部 54 の内容を読み出して、レンズユニット 52 の種別を検知する。この情報に基づき、全体制御部 58 はメモリ 59 の内容となる変調パターンのテーブル情報の更新を行う。

【0107】

倍率制御部 6 1 は、ユーザ操作による結像倍率 β の増加もしくは減少の指示に応じて凹レンズ部 5 3 a と凸レンズ部 5 3 b との位置を制御すると共に、この結果得られた凹レンズ部 5 3 a と凸レンズ部 5 3 b の位置から結像倍率データ Z を生成する。

【0108】

フォーカス制御部 6 2 は、光検出装置と物体 Y との距離 x に応じて凹レンズ部 5 3 a と凸レンズ部 5 3 b との位置を合焦位置に移動させる。合焦の判断は、第 1 の実施形態と同様に、受光素子 5 5 の出力の画素間コントラストが極大となる位置を判別することによって行われる。このとき凹レンズ部 5 3 a と凸レンズ部 5 3 b とは所定の配置関係を維持しつつ細かく前後に動かされ、受光素子 5 5 の画素間コントラストが極大化する位置が探索される。

【0109】

凹レンズ部 5 3 a と凸レンズ部 5 3 b とを動かす際には、その都度、距離データ X が出力され、変調制御部 5 7 はこの距離データ X に対応する変調パターン P (X , Z) を生成する。このため、可変形ミラー 4 を駆動して高次収差を除去し、適正な結像性能を与えつつコントラストの極大値を探索することが可能で、精度のよい合焦判断を行うことができる。また、フォーカス制御部 6 2 は、この結果に基づいて距離データ X を生成する。

【0110】

全体制御部 5 8 は、以上のように生成した結像倍率データ Z と距離データ X とを変調制御部 5 7 に出力する。

【0111】

以上のように構成した光検出装置の動作を説明する。

【0112】

まず、レンズユニット 5 2 が筐体 5 1 に取り付けられた状態で、レンズ情報検知部 6 0 はレンズユニット 5 2 の種別を検知する。全体制御部 5 8 はレンズ情報保持部 5 4 の情報を読み出して、メモリ 5 9 の内容を更新する。次に、倍率制御部 6 1 が、ユーザのズーム操作に応じて、凹レンズ部 5 3 a と凸レンズ部 5 3 b との位置を制御して結像倍率 β を決定し、結像倍率データ Z を生成する。

【0113】

ユーザがシャッターボタン（不図示）を半押しにすると、全体制御部58は焦点調節を行う。フォーカス制御部62が凹レンズ部53aと凸レンズ部53bとを動かして合焦位置を探索し、距離データXを決定する。

【0114】

撮像時には、変調制御部57がこれらの距離データXと結像倍率データZとから変調パターンP（X，Z）を生成し、これに従って可変形ミラー4が変形する。この可変形ミラー4の変形によってレンズユニット52が持つ収差が補正され、受光素子55上に適正な像が結ばれることになる。受光素子55から出力された出力データDは画像記録部10に記録される。

【0115】

以上のように本実施形態の光検出装置は、ズームが可能なレンズユニット52について、その設定された結像倍率を倍率制御部61が検知し、これに応じて変調制御部57が適正な結像性能を与えるように構成している。従って、レンズユニット52の光学系を簡素化した場合でも、レンズユニット52の結像倍率の変化に伴う収差の発生を効果的に低減することができる。

【0116】

また、本実施形態の光検出装置は、レンズユニット52と一体に設けたレンズ情報保持部54に、レンズユニット52の結像特性に関する情報を格納し、これをレンズ情報検知部60が検知し、これに応じて変調制御部57が適正な結像性能を与えるように構成している。従って、互いに異なる結像特性を持つレンズユニット52が交換装着された場合でも有効に収差の低減を図ることができる。これによって、望遠から広角まで様々な結像特性を持つレンズユニットを扱う場合でも、その光学系を簡素化しつつ収差を有効に補正することが可能となる。あるいは同種のレンズユニットを扱う場合でも、その個体毎の特性ばらつきを補正することができる。個体レンズユニット毎の特性ばらつき補正は、各レンズユニットの検査データをレンズ情報保持部54に格納することによって有効に行うことができる。

【0117】

なお、本実施形態では、結像倍率 β と距離 x とに関わる収差を補正する構成について説明したが、実施例1で説明したような画角による収差や色収差を補正する構成と組み合わせることもできる。

【0118】

また、本実施形態では、レンズ情報保持部54に格納するレンズユニット52の結像特性情報を、変調制御部57が発生する変調パターンのテーブル情報としたが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えばレンズユニット52の収差データをZernike多項式の各係数の形で表したようなものでもよい。

【0119】

(実施の形態3)

図8を参照しながら、本発明の光検出装置の第3の実施形態を説明する。本実施形態は、空間光変調器と受光選択部の一部を液晶素子で構成し、受光素子を感光フィルムで構成したものである。図8は本発明の実施形態3における光検出装置の概略構成図である。

【0120】

本実施形態では、光検出装置の筐体71には、レンズ2、レンズ移動機構3、液晶位相変調器72、液晶シャッター73、感光フィルム74、制御回路75がそれぞれ固定されている。制御回路75は、受光選択回路76、変調制御部77、全体制御部78を備えている。レンズ2、レンズ移動機構3は実施形態1で説明したものと同一の構成である。

【0121】

液晶位相変調器72は、マトリクス型の透明電極を備えた1対のガラス基板間に、ネマティック液晶もしくはDHF (Deformed Helix Ferroelectric) 液晶などのアナログ位相変調特性を有する液晶を封入し、各透明電極間の電圧を制御して入射光の位相変調を行うものである。液晶位相変調器72の光の入射側には第1偏光板が設けられ、液晶層には直線偏光が入射するように形成されている。さらに、2枚のガラス基板は、いずれもこの偏光方向に液晶分子が配向するように配向処理がなされている。このため、液晶位相変調器72を透過する入射光に対して偏光方向を不変にしたまま、光路長の制御を行うことが可能となっている。液

晶位相変調器 72 を構成する変調素子の数は例えば 512 個×512 個程度と多く、各変調素子を多段階の駆動電圧で駆動することにより滑らかな位相変調制御を行っている。また、液晶位相変調器 72 は図示しない駆動回路を内蔵し、変調制御部 77 が出力する変調パターン P に応じて位相変調を行う。

【0122】

液晶シャッター 73 は、マトリクス型の透明電極を備えた 1 対のガラス基板間に、強誘電性液晶を封入し、各透明電極間の電圧を 2 値的にオンオフ制御して、領域毎に入射光の透過または遮光を行うものである。液晶シャッター 73 の液晶層は入射光の偏光方向と平行に配向し、透明電極間に電圧を与えない場合は入射光の偏光方向に変化が無く、透明電極間に電圧を与えた場合は液晶層の複屈折性により入射光の偏光方向が変化するように設けられている。そして、液晶シャッター 73 の光の出射側には第 2 偏光板が設けられ、この第 2 偏光板の偏光方向は液晶位相変調器 72 に設けられた第 1 偏光板と直交するように設けられる。このため、液晶シャッター 73 の透明電極間に電圧を与えないと入射光は透過し、電圧を与えると入射光は遮断される。液晶シャッター 73 を構成する遮光素子の数は例えば 5 個×5 個程度とし、各遮光素子に与える電圧を選択的に解除することにより、任意の領域のみにおいて入射光を透過させることができる。また、液晶シャッター 73 は図示しない駆動回路を内蔵し、受光選択回路 76 が出力するアドレス A に対応した場所の入射光を透過し、その場所に位置する感光フィルム 74 を露光する。この構成によって、感光フィルム 74 は 25 個の受光領域に分割されることになる。アドレス A を与えたときに露光される受光領域を有効な受光領域と呼ぶ。

【0123】

感光フィルム 74 は、通常の撮像用フィルムであり、露光による化学変化によって物性を変化させ、像もしくは潜像を形成する記録媒体である。感光フィルム 74 は、液晶シャッター 73 に接触させて、もしくは、液晶シャッター 73 に極めて接近させて設けられている。

【0124】

受光選択回路 76 は、1 フレームの撮影動作時にはアドレス A の値を切り替え

て、25個の受光領域を1つずつ順次露光するようにする。受光選択回路76が発生するアドレスAは同時に変調制御部77に出力され、これによって、液晶シャッター73による受光領域選択動作と液晶位相変調器72による入射光変調動作との同期がとられている。

【0125】

変調制御部77は、液晶位相変調器72を駆動するための変調パターンP (A, X, T, F, B) を生成する。変調パターンP (A, X, T, F, B) と、アドレスA、距離データX、シャッター時間データT、絞りデータF、姿勢変化検出データBの内容は、第1の実施形態において変調制御部8で説明したものとほぼ同一である。

【0126】

全体制御部78は、フォーカス制御部80、光量検出部15、姿勢変化検出部16を備え、光検出装置全体の動作を制御する。光量検出部15、姿勢変化検出部16は第1の実施形態において変調制御部8で説明したものと同一である。フォーカス制御部80は、図示しない距離計を備えて光検出装置と物体Yとの距離xを検出し、この距離xに応じてレンズ2を合焦位置に移動させるように、レンズ移動機構3を制御する。またフォーカス制御部14は、この距離xを表す距離データXを出力する。

【0127】

以上のように構成した光検出装置の動作を説明する。

【0128】

シャッターボタン（不図示）を半押しにすると、全体制御部78はまず焦点調節を行う。フォーカス制御部80の距離計を作動して距離xを計測し、レンズ移動機構3によってレンズ2を合焦位置に移動すると共に、距離データXを変調制御部77に出力する。

【0129】

次に、光量検出部15が出力する各測光点からの照度データI (A) に基づいて、全体制御部78が、シャッター時間データT (A) と絞りデータF (A) とを決定し、これらを変調制御部77に出力する。

【0130】

これでシャッターボタンの半押しによる準備動作を完了し、次にシャッターボタンが押されると全体制御部78は撮像動作を開始する。姿勢変化検出部16が筐体1の2軸の角速度を検出し、撮像開始時点を起点としてこの角速度出力を積分して姿勢変化検出データBを出力する。

【0131】

受光選択回路76はアドレスAを順次切り替えて液晶シャッター73と変調制御部77に出力する。これにより、液晶シャッター73による遮光をアドレスAに対応する部分だけ局所的に解除し、この有効な受光領域にある感光フィルム74への露光を行う。これと同期して変調制御部77に各受光領域に対して適正な結像性能を与える変調パターンP(A, X, T, F, B)を発生させる。液晶位相変調器72は変調制御部77からの変調パターンP(A, X, T, F, B)に応じて入射光を変調する。この変調制御によって、画角等による収差の補正制御、受光領域への光量制御、手ブレ補正制御が行われる。

【0132】

以上のように本実施形態の光検出装置は、感光フィルム74に対する前記入射光の透過または遮光を選択する液晶シャッター73と受光選択回路76とを備え、これらによって選択された受光領域に対して変調制御部77が適正な結像性能を与える変調パターンを生成するように構成されている。従って、簡素な光学系でも、感光フィルム74の全領域にわたって画角に伴う収差を効果的に低減させることができる。

【0133】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、空間光変調器を制御する変調制御部が、画角や結像倍率などの各要因の変化に対応して適正な結像性能を与える変調パターンを生成するために、受光素子の全領域にわたる収差低減もしくは光量調整の適正化と光学系の簡素化を両立することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施形態 1 における光検出装置の概略構成図

【図 2】

本発明の実施形態 1 における可変形ミラーの分解斜視図

【図 3】

本発明の実施形態 1 における受光素子の概略構成図

【図 4】

可変形ミラー 4 の絞りおよびシャッター動作を説明する動作説明図

【図 5】

可変形ミラー 4 の光学的ローパスフィルター機能動作を説明する動作説明図

【図 6】

可変形ミラー 4 の手ブレ補正動作を説明する動作説明図

【図 7】

本発明の実施形態 2 における光検出装置の概略構成図

【図 8】

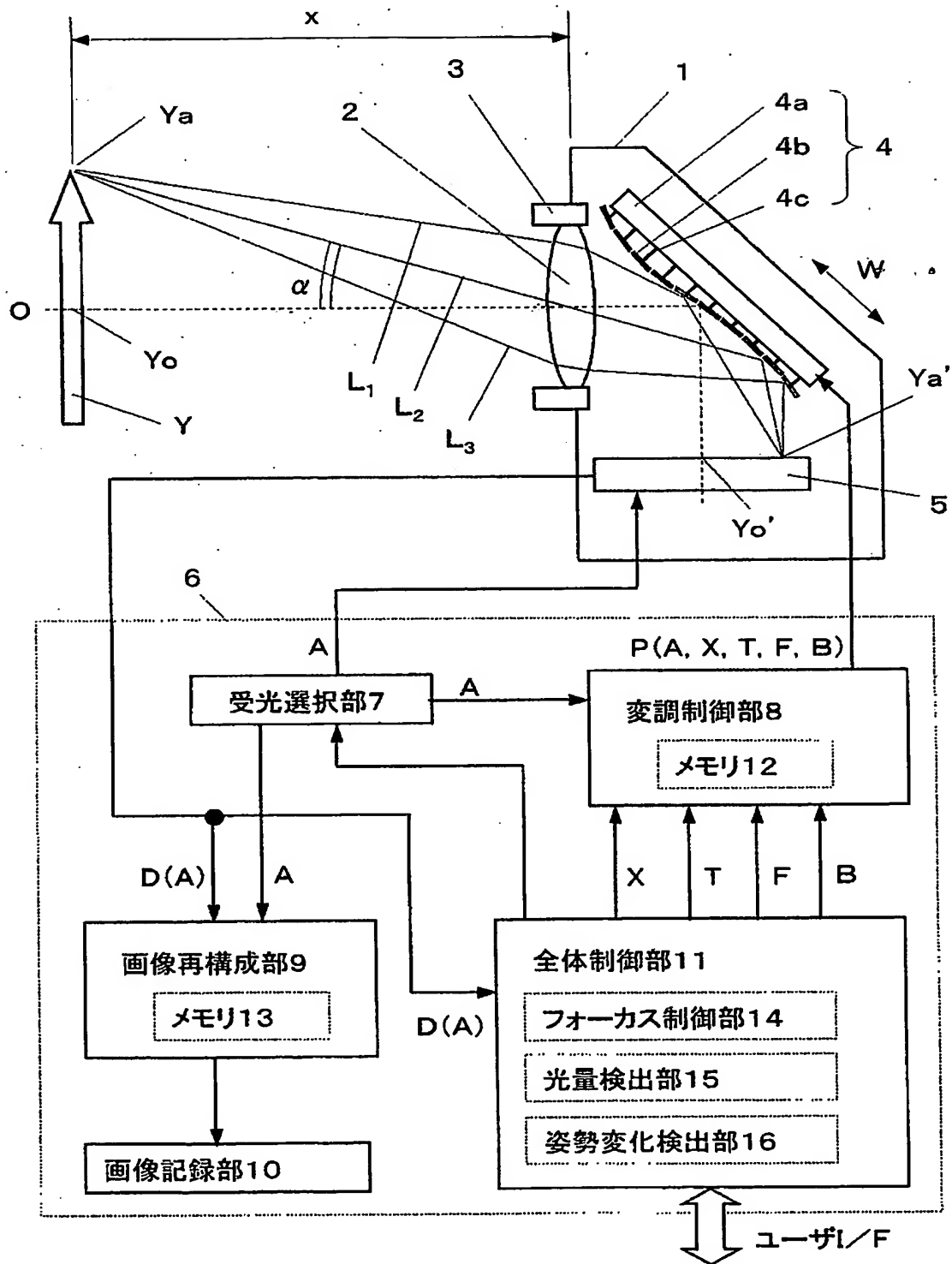
本発明の実施形態 3 における光検出装置の概略構成図

【符号の説明】

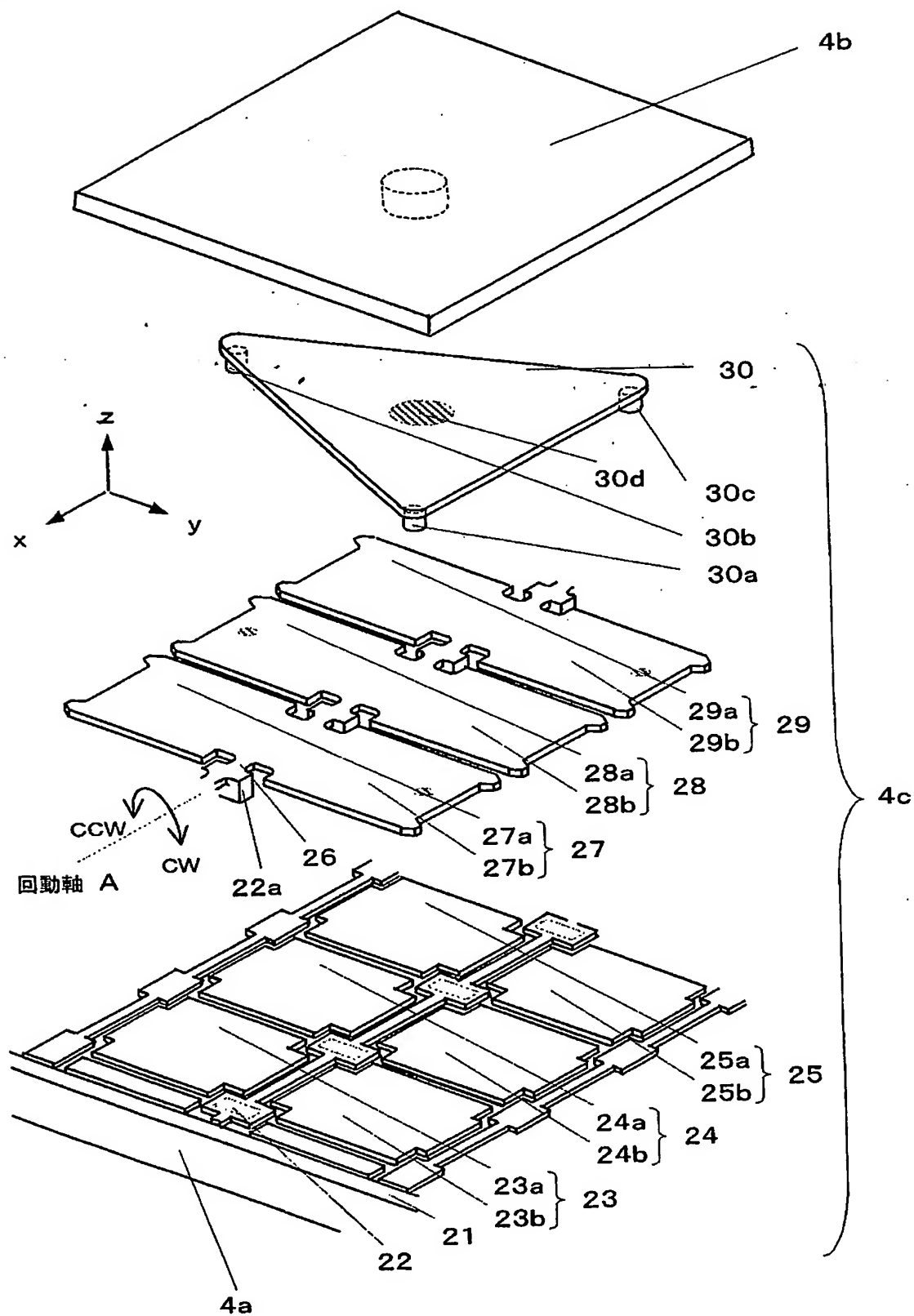
- 4 可変形ミラー
- 5, 55 受光素子
- 7 受光選択部
- 8, 57, 77 変調制御部
- 72 液晶位相変調素子
- 76 受光選択回路

【書類名】 図面

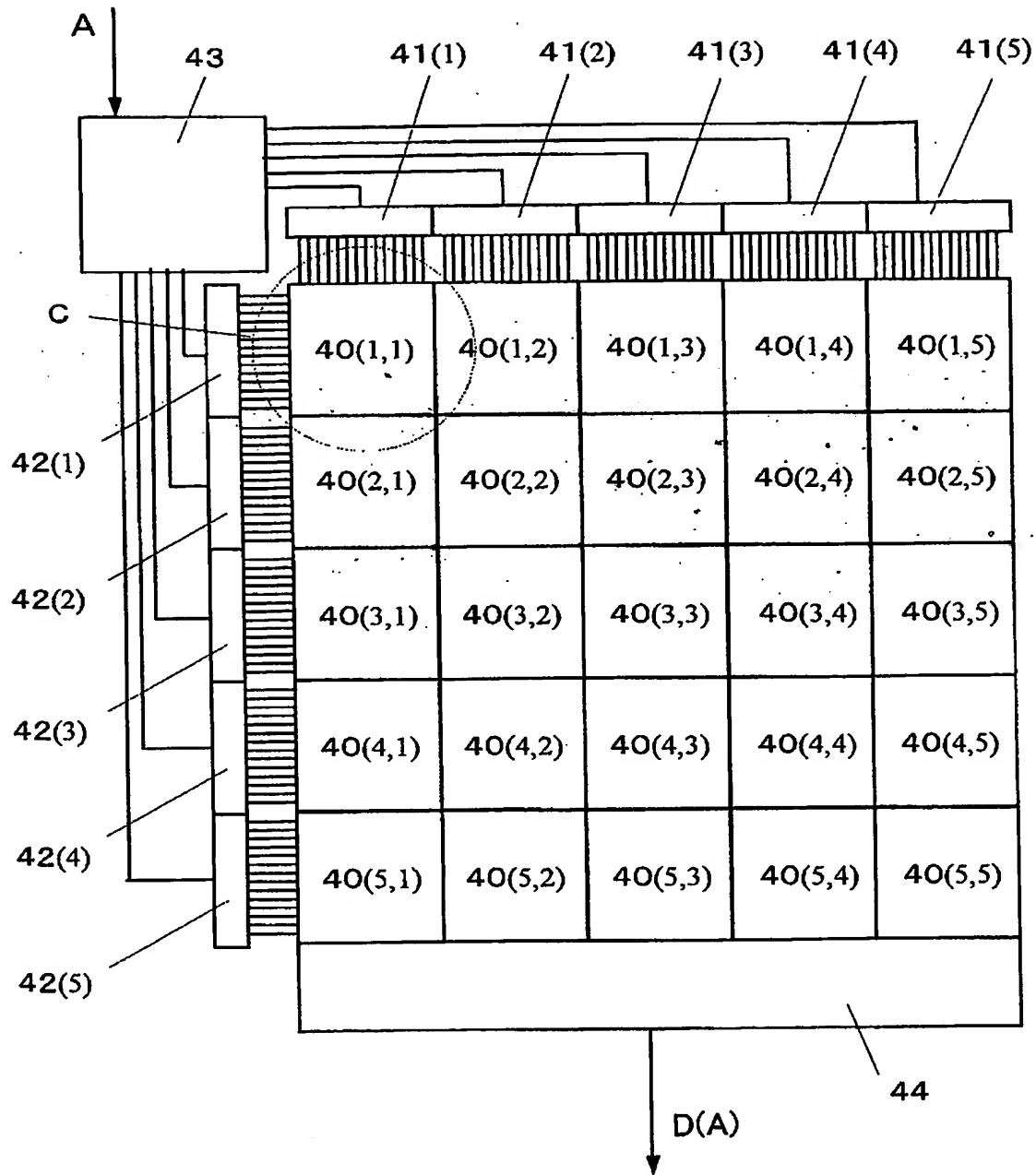
【図1】



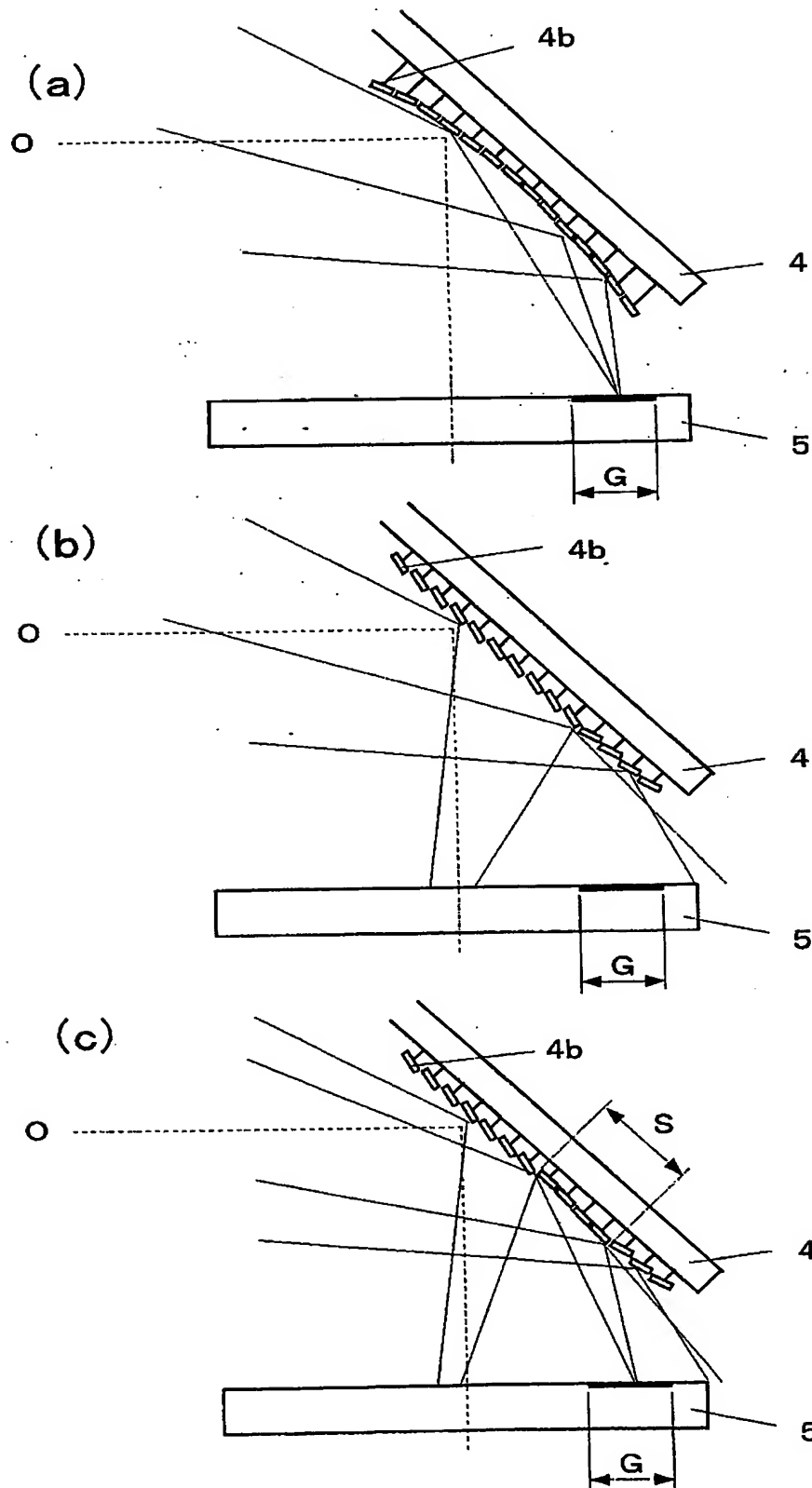
【図 2】



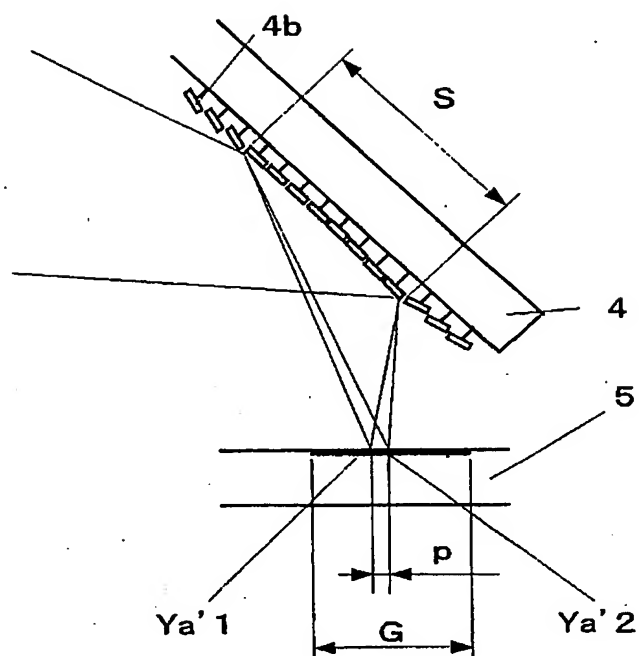
【図 3】



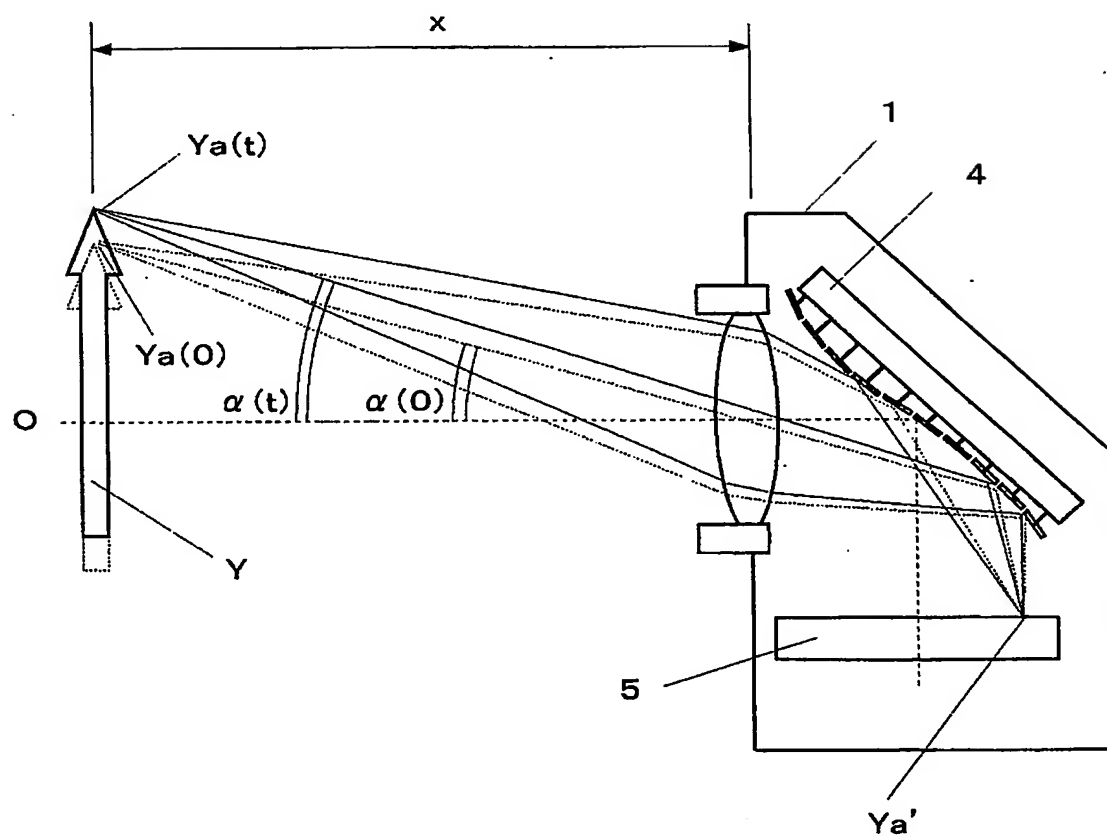
【図 4】



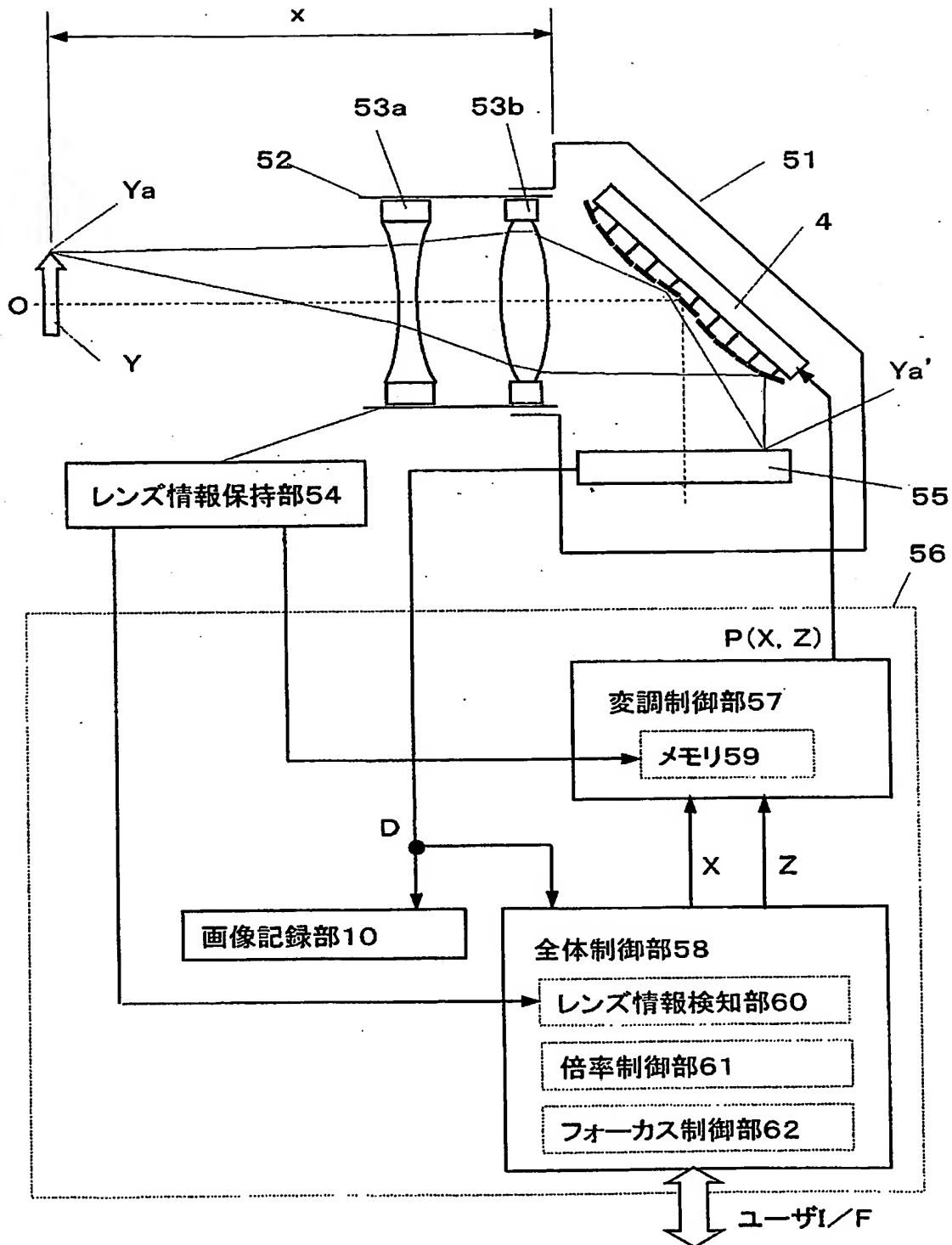
【図 5】



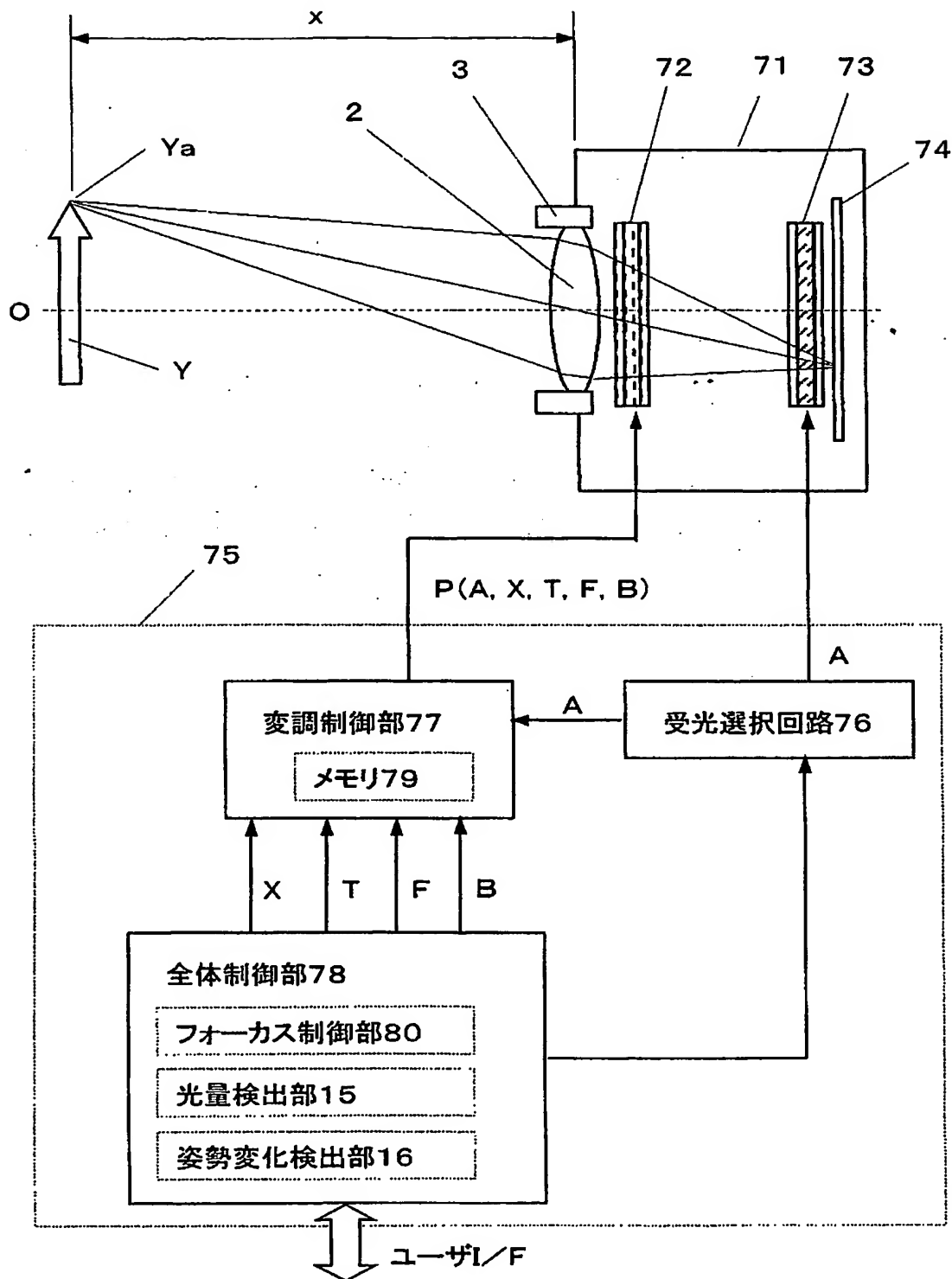
【図 6】



【図 7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型カメラ等に適する簡素な光学系において画角による収差や色収差等を抑制し、受光素子の全領域にわたって適正な結像性能を得る。

【解決手段】 受光素子5が複数の受光領域に分割され、受光選択部7はこれらの受光領域の中から有効に受光動作するものを順次切り替えて選択する。変調制御部8は、受光選択部7が選択した受光領域に対して適正な結像性能を与えるように変調パターンを生成し、これを可変形ミラーに4に出力する。従って、簡素な光学系でも、受光素子5の全領域にわたって収差を効果的に低減させることができる。

【選択図】 図1

特願 2003-047301

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005821]

1. 変更年月日

1990年 8月28日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真1006番地

氏 名

松下電器産業株式会社